PATENT
Docket No.: 204552030400

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of:

Takahisa KURAHASHI et al.

Serial No.: New Application

Filing Date: October 14, 2003

For: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING...

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: Not Yet Assigned

SUBMISSION OF CERTIFIED FOREIGN PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing of Japanese patent application Nos. 2002-299244 filed October 11, 2002 and 2003-292127 filed August 12, 2003.

The certified priority documents are attached to perfect Applicant's claim for priority.

It is respectfully requested that the receipt of the certified copy attached hereto be acknowledged in this application.

In the event that the transmittal letter is separated from this document and the Patent and Trademark Office determines that an extension and/or other relief is required, applicants petition for any required relief including extensions of time and authorize the Commissioner to charge the cost of such petitions and/or other fees due in connection with the filing of this document to **Deposit Account No. 03-1952** referencing **204552030400**.

Dated: October 14, 2003

Respectfully submitted,

By: _____

Barry E. Bretschneider
Registration No. 28,055

Morrison & Foerster LLP
1650 Tysons Boulevard, Suite 300
McLean, Virginia 22102
Telephone: (703) 760-7743
Facsimile: (703) 760-7777

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: ２００２年１０月１１日

出願番号
Application Number: 特願２００２－２９９２４４

[ST. 10/C]: ［ＪＰ２００２－２９９２４４］

出願人
Applicant(s): シャープ株式会社

２００３年　８月２５日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 今井康夫

出証番号　出証特２００３－３０６９４７７

【書類名】　特許願

【整理番号】　185476

【提出日】　平成14年10月11日

【あて先】　特許庁長官殿

【国際特許分類】　H01L 21/00

H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】　大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内

【氏名】　倉橋　孝尚

【発明者】

【住所又は居所】　大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内

【氏名】　中津　弘志

【発明者】

【住所又は居所】　大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内

【氏名】　村上　哲朗

【発明者】

【住所又は居所】　大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内

【氏名】　大山　尚一

【特許出願人】

【識別番号】　000005049

【住所又は居所】　大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号

【氏名又は名称】　シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】　100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】　青山　葆

【選任した代理人】

【識別番号】　100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】　河宮　治

【選任した代理人】

【識別番号】　100084146

【弁理士】

【氏名又は名称】　山崎　宏

【選任した代理人】

【識別番号】　100122286

【弁理士】

【氏名又は名称】　仲倉　幸典

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　013262

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【包括委任状番号】　0208766

【プルーフの要否】　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　半導体発光素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項１】　ノンドープ型、弱いｐ型またはｎ型の第１の半導体基板上に単層または複数層の半導体からなる発光層を積層する工程と、

その発光層上に単層または複数層からなるｎ型の半導体層を積層する工程と、

上記ｎ型の半導体層の表面に上記発光層の発光波長に対して透明な第２の半導体基板を形成する工程と、

その後上記第１の半導体基板を除去する工程と、

上記第１の半導体基板の除去によって露出した面に上記発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層を形成する工程を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項２】　ノンドープ型、弱いｐ型またはｎ型の第１の半導体基板上に、この第１の半導体基板上とは組成が異なる単層または複数層からなるｐ型の半導体層を形成する工程と、

そのｐ型の半導体層上に単層または複数層の半導体からなる発光層を積層する工程と、

その発光層上に単層または複数層からなるｎ型の半導体層を積層する工程と、

上記ｎ型の半導体層の表面に上記発光層の発光波長に対して透明な第２の半導体基板を形成する工程と、

その後上記第１の半導体基板を除去する工程と、

上記第１の半導体基板の除去によって露出した面に上記発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層を形成する工程を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項３】　請求項１または請求項２に記載の半導体発光素子の製造方法において、

上記第２の半導体基板を直接接合によって形成することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項４】　請求項１または請求項２に記載の半導体発光素子の製造方法

において、

上記第２の半導体基板をエピタキシャル成長によって形成することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項５】　請求項２に記載の半導体発光素子の製造方法において、

上記ｐ型の半導体層は、$1\times10^{18}cm^{-3}$以上$1\times10^{19}cm^{-3}$以下のキャリア濃度を有し、上記発光層の発光波長に対して透明な$Al_xGa_{1-x}As$層（ただし、０．５≦ｘ≦０．７である。）を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項６】　請求項２に記載の半導体発光素子の製造方法において、

上記ｐ型の半導体層は、$1\times10^{18}cm^{-3}$以上$1\times10^{19}cm^{-3}$以下のキャリア濃度を有し、上記発光層の発光波長に対して透明な$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$層（ただし、０≦ｙ≦１、０≦ｚ≦１である。）を含むことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項７】　請求項２に記載の半導体発光素子の製造方法において、

上記ｐ型の半導体層の厚さが３μｍ以下であることを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項８】　ＧａＰ基板の一方の面上に単層または複数層からなる発光層と透光性電極層とがこの順に積層され、上記ＧａＰ基板および透光性電極層は上記発光層の発光波長に対して透明になっており、

上記ＧａＰ基板の他方の面に第１の電極が設けられる一方、

上記透光性電極層の表面に第２の電極が設けられていることを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

この発明は半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

近年、半導体発光素子の中で光通信や発光ダイオード情報表示パネル等に発光

ダイオード（ＬＥＤ）が広く用いられている。これらの発光ダイオードは高輝度であることが重要であるが、発光ダイオードの輝度、言い換えれば外部量子効率は、内部量子効率と光取り出し効率によってきまる。このうち光取り出し効率は素子構造に大きく影響される。

【０００３】

発光ダイオードでは発光波長に対して透明な基板を用いることが光取り出し効率を向上させることを目的として行われている。発光波長に対して不透明な基板を用いた場合には上面への出射光しか取り出せないのに対し、発光波長に対して透明な基板を用いた場合には上面だけでなく４つの側面からも光を取り出すことができるからである。また、下面における反射光も上面および側面から出射させることが可能となる。この方法はＩｎＧａＡｓＰ系の半導体材料を用いた赤外発光ダイオード、ＡｌＧａＡｓ系の半導体材料を用いた赤色、赤外発光ダイオード、ＧａＡｓＰ系の半導体材料を用いた黄色発光ダイオード、ＧａＰ系の半導体材料を用いた緑色発光ダイオード等に適用されている。

【０００４】

ＡｌＧａＩｎＰ系の発光ダイオードであって発光波長に対して透明な基板を備えたものを作製する製造方法としては、図１０（ａ）に示すように、発光波長に対して不透明なｎ型ＧａＡｓ基板１１０上に、ｎ型半導体層１１２、発光層１１４、ｐ型半導体層１１６をエピタキシャル成長した後、この上に発光波長に対して透明なｐ型ＧａＰ基板１２０を接触させて熱処理を施すことによってｐ型半導体層１１６と直接接合し、しかる後、図１０（ｂ）に示すように、上記ｎ型ＧａＡｓ基板１１０を除去するという方法が知られている（例えば、特許文献１参照。）。

【０００５】

また、別の製造方法として、図１１（ａ）に示すように、発光波長に対して不透明なｎ型ＧａＡｓ基板２１０上に、ｎ型半導体層２１２、発光層２１４、ｐ型半導体層２１６および厚さ５０μｍ～１００μｍ程度のｐ型ＧａＰ電流拡散層２１８をエピタキシャル成長し、続いて図１１（ｂ）に示すように、上記ｎ型ＧａＡｓ基板２１０を除去した後、図１１（ｃ）に示すように、その除去によって露

出した面にｐ型ＧａＰ基板２２０を接触させて熱処理を施すことによってｎ型半導体層２１２と直接接合するという方法が知られている（例えば、特許文献２参照。）。なお、ｐ型ＧａＰ電流拡散層２１８の厚さは５０μｍ以下であるとウエハを取り扱う時に割れやすく、１００μｍ以上であると成長時間が長くなり発光ダイオードのコストが高くなる。よって、成長時間とＧａＡｓ基板を除去した後のウエハの機械的強度との兼ね合いから、５０μｍ～１００μｍ程度に設定されている。

【０００６】

さらに、別の製造方法として、図１２（ａ）に示すように、発光波長に対して不透明なｎ型ＧａＡｓ基板３１０上に、ｐ型ＧａＡｓバッファ層３１１、ｐ型ＡｌＧａＡｓ電流拡散層３１２、ｐ型クラッド層３1.3、活性層３１４、ｎ型クラッド層、ｎ型中間層３１６、ｎ型ＧａＰ層３１７をエピタキシャル成長し、続いて図１２（ｂ）に示すように、その上にｎ型ＧａＰ基板３１８を形成し、しかる後、上記ｎ型ＧａＡｓ基板３１０を除去するという方法が知られている（例えば、特許文献３参照。）。

【０００７】

【特許文献１】

特許第３２３０６３８号明細書

【特許文献２】

特開平６－３０２８５７号公報

【特許文献３】

特開２０００－１９６１３９号公報

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述の方法では、発光層（または活性層）の近傍のｐ型基板１２０，２２０やｐ型電流拡散層２１８，３１２中に含まれたＺｎ、Ｍｇ等のｐ型ドーパントの総量が多いため、結晶成長または直接接合時の熱履歴によりｐ型ドーパントが発光層（または活性層）に拡散して、内部量子効率が低下し、素子の輝度が低下するという問題がある。特に、ＧａＡｓ基板に格子整合し、かつ小さい抵抗

率を実現可能なＡｌＧａＩｎＰ系発光ダイオードでは、発光波長に対して透明な唯一の公知材料である$Al_xGa_{1-x}As$（０．５≦ｘ≦１）が用いられるが、この$Al_xGa_{1-x}As$（０．５≦ｘ≦１）内においてＺｎ、Ｍｇ等の拡散係数が大きいため、問題が深刻になる。

【０００９】

また、上記ｐ型電流拡散層２１８，３１２は、他の層が数μｍ以下の厚さに成長されるのに対して、既述のように通常は数１０μｍ以上の厚さに成長されるため、成長装置のメンテナンス頻度が多くなり、生産性が低下するという問題がある。メンテナンス作業時は有毒ガスが発生するため、安全性の観点からも、メンテナンス頻度は少ない方が好ましい。

【００１０】

そこで、この発明の課題は、発光層（または活性層）へのｐ型ドーパントの拡散を抑制して高輝度を実現でき、また、成長装置のメンテナンス頻度を少なくできる半導体発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、この発明の半導体発光素子の製造方法は、

ノンドープ型、弱いｐ型またはｎ型の第１の半導体基板上に単層または複数層の半導体からなる発光層を積層する工程と、

その発光層上に単層または複数層からなるｎ型の半導体層を積層する工程と、

上記ｎ型の半導体層の表面に上記発光層の発光波長に対して透明な第２の半導体基板を形成する工程と、

その後上記第１の半導体基板を除去する工程と、

上記第１の半導体基板の除去によって露出した面に上記発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層を形成する工程を有することを特徴とする。

【００１２】

なお、第１の半導体基板の「弱いｐ型」とは、発光層（または活性層）へのｐ型ドーパントの拡散を実質的に無視できる程度のｐ型を意味する。

【００１３】

この発明の半導体発光素子の製造方法によれば、発光層の上下に、それぞれこの発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層、第２の半導体基板を備えた半導体発光素子が作製される。したがって、素子の上面および側面から外部へ光を取り出すことができ、発光波長に対して不透明な基板を用いた場合に比して光取り出し効率が高まる。また、発光層の近傍にｐ型基板やｐ型電流拡散層を設けないので、高温処理時のｐ型ドーパントの発光層への拡散が抑制される。しかも、第１の半導体基板の除去によって露出した面に透光性電極層を形成しているので、動作時に、通電電流がこの透光性電極層によって拡散されて、発光層へ均一に電流が注入される。したがって、内部量子効率が高まる。これらの結果、半導体発光素子の特性が向上して、高輝度が実現される。また、この発明の半導体発光素子の製造方法では、電流拡散層を設けないので、エピタキシャル成長させる層厚を低減できる。したがって、成長装置のメンテナンス頻度を少なくでき、生産性を高めるとともに安全性を向上させることができる。

【００１４】

また、別の面では、本発明の半導体発光素子の製造方法は、

ノンドープ型、弱いｐ型またはｎ型の第１の半導体基板上に、この第１の半導体基板上とは組成が異なる単層または複数層からなるｐ型の半導体層を形成する工程と、

そのｐ型の半導体層上に単層または複数層の半導体からなる発光層を積層する工程と、

その発光層上に単層または複数層からなるｎ型の半導体層を積層する工程と、

上記ｎ型の半導体層の表面に上記発光層の発光波長に対して透明な第２の半導体基板を形成する工程と、

その後上記第１の半導体基板を除去する工程と、

上記第１の半導体基板の除去によって露出した面に上記発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層を形成する工程を有することを特徴とする。

【００１５】

この発明の半導体発光素子の製造方法によれば、発光層の上下に、それぞれこの発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層、第２の半導体基板を備えた半

導体発光素子が作製される。したがって、素子の上面および側面から外部へ光を取り出すことができ、発光波長に対して不透明な基板を用いた場合に比して光取り出し効率が高まる。また、発光層の近傍にｐ型基板を設けないので、高温処理時のｐ型ドーパントの発光層への拡散が抑制される。しかも、第１の半導体基板の除去によって露出した面に透光性電極層を形成しているので、動作時に、通電電流がこの透光性電極層によって拡散されて、発光層へ均一に電流が注入される。したがって、内部量子効率が高まる。さらに、透光性電極を形成する面が第１の半導体基板の除去によって露出した面、つまり単層または複数層からなるｐ型の半導体層の面であるから、上記発光層上に直接透光性電極を形成する場合に比して電極／半導体界面での電圧降下を小さくすることができる。これらの結果、半導体発光素子の特性が向上して、高輝度が実現される。また、この発明の半導体発光素子の製造方法では、電流拡散層を設けないので、エピタキシャル成長させる層厚を低減できる。したがって、成長装置のメンテナンス頻度を少なくでき、生産性を高めるとともに安全性を向上させることができる。

【００１６】

上記第１の半導体基板はＧａＡｓ基板であるのが望ましい。第１の半導体基板がＧａＡｓ基板であれば、ＧａＡｓ基板に格子整合する材料系の半導体層を備えた高輝度の半導体発光素子を作製することが可能になる。

【００１７】

また、上記発光層は$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$（ただし、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq z \leqq 1$である。）からなるのが望ましい。上記発光層が$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$からなれば、発光波長５５０ｎｍから６７０ｎｍの高輝度の半導体発光素子を作製することが可能になる。

【００１８】

また、上記第２の半導体基板はＧａＰ基板であるのが望ましい。ＧａＰは５５０ｎｍよりも長い波長の光に対して透明であるから、上記第２の半導体基板がＧａＰ基板であれば、光取り出し効率を高めることができる。

【００１９】

また、上記透光性電極層は酸化インジウム、酸化錫、酸化インジウム錫、酸化

亜鉛、または酸化マグネシウムの少なくとも１つからなるのが望ましい。上記透光性電極層が酸化インジウム、酸化錫、酸化インジウム錫、酸化亜鉛、または酸化マグネシウムの少なくとも１つからなれば、可視光に対して９０％以上の透過率を得ることができる。したがって、さらに高輝度を実現できる。

【００２０】

一実施形態の半導体発光素子の製造方法では、上記第２の半導体基板を直接接合によって形成することを特徴とする。

【００２１】

この一実施形態の半導体発光素子の製造方法では、上記第２の半導体基板を直接接合によって形成するので、第２の半導体基板の厚さを、機械的強度の観点から十分なレベルに容易に設定できる。

【００２２】

一実施形態の半導体発光素子の製造方法では、上記第２の半導体基板をエピタキシャル成長によって形成することを特徴とする。

【００２３】

この一実施形態の半導体発光素子の製造方法では、上記第２の半導体基板をエピタキシャル成長によって形成するので、上記第２の半導体基板の厚さを目標の厚さに容易に成長させることができ、上記第２の半導体基板をわざわざ研磨等する必要はない。したがって、直接接合によって第２の半導体基板を設ける場合に比して、製造工程を簡略化することができる。

【００２４】

一実施形態の半導体発光素子の製造方法は、上記ｐ型の半導体層は、$1\times10^{18}cm^{-3}$以上$1\times10^{19}cm^{-3}$以下のキャリア濃度を有し、上記発光層の発光波長に対して透明な$Al_xGa_{1-x}As$層（ただし、$0.5\leqq x\leqq0.7$である。）を含むことを特徴とする。

【００２５】

この一実施形態の半導体発光素子の製造方法によれば、上記ｐ型の半導体層が$1\times10^{18}cm^{-3}$以上のキャリア濃度を有するので、素子の動作時に、上記透光性電極層と上記ｐ型の半導体層との界面での電圧降下を小さくすることができ、

したがって素子の動作電圧を低減できる。なお、上記ｐ型の半導体層は、上記発光層の発光波長に対して透明な$Al_xGa_{1-x}As$層（ただし、０．５≦ｘ≦０．７である。）であるから、光取り出し効率を低下させることはない。また、上記ｐ型の半導体層のキャリア濃度は$1\times10^{19}cm^{-3}$以下というように上限が設定されている。したがって、このｐ型の半導体層の厚さを所定値以下に制限すれば、ｐ型ドーパントの総量が制限されて、高温処理時のｐ型ドーパントの発光層への拡散が抑制される。したがって、内部量子効率の低下を抑制できる。これらの結果、半導体発光素子の輝度の低下を抑制できる。

【００２６】

一実施形態の半導体発光素子の製造方法は、上記ｐ型の半導体層は、$1\times10^{18}cm^{-3}$以上$1\times10^{19}cm^{-3}$以下のキャリア濃度を有し、上記発光層の発光波長に対して透明な$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$層（ただし、０≦ｙ≦１、０≦ｚ≦１である。）を含むことを特徴とする。

【００２７】

この一実施形態の半導体発光素子の製造方法によれば、上記ｐ型の半導体層が$1\times10^{18}cm^{-3}$以上のキャリア濃度を有するので、素子の動作時に、上記透光性電極層と上記ｐ型の半導体層との界面での電圧降下を小さくすることができ、したがって素子の動作電圧を低減できる。なお、上記ｐ型の半導体層は、上記発光層の発光波長に対して透明な$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$層（ただし、０≦ｙ≦１、０≦ｚ≦１である。）であるから、光取り出し効率を低下させることはない。また、上記ｐ型の半導体層のキャリア濃度は$1\times10^{19}cm^{-3}$以下というように上限が設定されている。したがって、このｐ型の半導体層の厚さを所定値以下に制限すれば、ｐ型ドーパントの総量が制限されて、高温処理時のｐ型ドーパントの発光層への拡散が抑制される。したがって、内部量子効率の低下を抑制できる。これらの結果、半導体発光素子の輝度の低下を抑制できる。さらに、上記ｐ型の半導体層の材料として$Al_xGa_{1-x}As$（ただし、０．５≦ｘ≦０．７である。）を使用する場合に比して、Ａｌ組成比ｘを小さくすることが可能である。そのようにＡｌ組成比ｘを小さくした場合、表面が酸化されにくくなり、上記透光性電極層と上記ｐ型の半導体層との界面での電圧降下を小さくすることがで

き、素子の歩留まりを高めることができる。

【００２８】

一実施形態の半導体発光素子の製造方法は、上記ｐ型の半導体層の厚さが３μｍ以下であることを特徴とする。

【００２９】

この一実施形態の半導体発光素子の製造方法では、上記ｐ型の半導体層内のＺｎ、Ｍｇ等のｐ型ドーパントの総量が制限されるため、高温処理時のｐ型ドーパントの発光層への拡散が抑制される。したがって、内部量子効率の低下を抑制でき、半導体発光素子の輝度の低下を抑制できる。

【００３０】

また、本発明の半導体発光素子は、

ＧａＰ基板の一方の面上に単層または複数層からなる発光層と透光性電極層とがこの順に積層され、上記ＧａＰ基板および透光性電極層は上記発光層の発光波長に対して透明になっており、

上記ＧａＰ基板の他方の面に第１の電極が設けられる一方、

上記透光性電極層の表面に第２の電極が設けられていることを特徴とする。

【００３１】

本発明の半導体発光素子では、発光層の上下に、それぞれ発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層、ＧａＰ基板を備えているので、素子の上面および側面から光を取り出すことができ、発光波長に対して不透明な基板を用いた場合に比して光取り出し効率が高まる。また、動作時に、第１の電極と第２の電極との間に通電されたとき、通電電流がこの透光性電極層によって拡散されて、発光層へ均一に電流が注入される。これらの結果、半導体発光素子の特性が向上して、高輝度が実現される。この発明の半導体発光素子では、透光性電極層が電流を拡散させるので、発光層の近傍に従来例におけるようなｐ型ドーパントを含む数１０μｍ厚の電流拡散層を設ける必要が無く、発光層へのｐ型ドーパントの拡散が抑制される。また、電流拡散層を設けないので、エピタキシャル成長させる層厚を低減できる。したがって、成長装置のメンテナンス頻度を少なくでき、生産性を高めるとともに安全性を向上させることができる。

【００３２】

上記発光層は（Al_yGa_{1-y}）$_zIn_{1-z}P$層（ただし、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq z \leqq 1$である。）であるのが望ましい。上記発光層が（Al_yGa_{1-y}）$_zIn_{1-z}P$層であれば、５５０ｎｍから６７０ｎｍの発光波長が得られる。

上記透光性電極層は酸化インジウム、酸化錫、酸化インジウム錫、酸化亜鉛、または酸化マグネシウムの少なくとも１つからなるのが望ましい。上記透光性電極層が酸化インジウム、酸化錫、酸化インジウム錫、酸化亜鉛、または酸化マグネシウムの少なくとも１つからなれば、可視光に対して９０％以上の透過率を得ることができる。したがって、さらに高輝度を実現できる。

【００３３】

【発明の実施の形態】

以下、この発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

【００３４】

（第１実施形態）

図１（ａ）は第１実施形態の半導体発光素子の側面図であり、図１（ｂ）は上記半導体発光素子の上面図であり、図１（ｃ）は上記半導体発光素子の底面図である。

【００３５】

図１（ａ）に示すように、この半導体発光素子は、ｎ型のＧａＰ基板８の一方の面（図１における上面）の上に、下から順に、ｎ型のＧａＰキャップ層（厚さ１μｍ）７、ｎ型の（$Al_{0.2}Ga_{0.8}$）$_{0.77}In_{0.23}P$中間層（厚さ０．１５μｍ）６、ｎ型の（$Al_{0.7}Ga_{0.3}$）$_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）５、発光層としてのｐ型の量子井戸活性層４、ｐ型の（$Al_{0.7}Ga_{0.3}$）$_{0.5}In_{0.5}$Ｐクラッド層（厚さ１μｍ）３、酸化亜鉛からなる透光性電極層９を備えている。さらに、ＧａＰ基板８の他方の面（図１における底面）に第１の電極としてＡｕＳｉからなるｎ型電極１１が設けられる一方、透光性電極層９の表面（図１における上面）に第２の電極としてＡｕからなるボンディングパッド１０が設けられている。

【００３６】

図１（ｃ）に示すように、ｎ型電極１１は、それぞれ直径３０μｍの比較的小さい円形にパターン加工され、底面に行列状に複数（この例では３行３列の計９個）配置されている。一方、図１（ｂ）に示すように、ボンディングパッド１０は、直径１２０μｍの比較的大きい円形にパターン加工され、上面の中央に１個配置されている。

【００３７】

量子井戸活性層４は、詳細には図示しないが、$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$からなるバリア層と、ＧａＩｎＰからなる井戸層とを交互に複数積層して構成されている。発光層としての量子井戸活性層４が$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$（ただし、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq z \leqq 1$である。）からなれば、５５０ｎｍから６７０ｎｍの発光波長が得られる。

【００３８】

この半導体発光素子は次のようにして作製される。

【００３９】

①　まず、図２に示すように、第１の半導体基板としてのｎ型ＧａＡｓ基板１の一方の面（図２における上面）の上に、ｐ型のＧａＡｓバッファ層（厚さ１μｍ）２、ｐ型の$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）３、ｐ型の量子井戸活性層４、ｎ型の$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）５、ｎ型の$(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.77}In_{0.23}P$中間層（厚さ０．１５μｍ）６、ｎ型のＧａＰキャップ層（厚さ１μｍ）７を、ＭＯＣＶＤ（有機金属気相成長）法により順次成長させて積層する。なお、成長方法としては、ＭＯＣＶＤ法の他にＭＢＥ（分子線エピタキシ）法、ＭＯＭＢＥ（有機金属分子線エピタキシ）法等の色々な方法が利用可能である。

【００４０】

上記ｐ型の$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層３を成長させるとき、このクラッド層３のうちＧａＡｓバッファ層２に接する厚さ０．１μｍ分のキャリア濃度は$2\times10^{18}cm^{-3}$に設定し、量子井戸活性層４に接する厚さ０．９μｍ分のキャリア濃度は$5\times10^{17}cm^{-3}$に設定する。

【００４１】

また、ｐ型ドーパントにはＺｎ、ｎ型ドーパントにはＳｉを使用する。

【００４２】

②　次に、この状態の基板（ウエハ）の表面を研磨した後、硫酸：過酸化水素系のエッチング液で少しエッチングする処理を行う。また、第２の半導体基板としてのｎ型のＧａＰ基板８を用意し、このＧａＰ基板８の表面を同じように硫酸：過酸化水素系のエッチング液で少しエッチングする処理を行う。そして、２枚の基板（ウエハ）を十分に純水洗浄、乾燥した後、図３に示すように、ウエハどうしを加圧状態で密着させ、８００℃で１時間水素雰囲気中で熱処理する。こうすることにより、ＧａＡｓ基板１上のｎ型ＧａＰキャップ層７の表面（図３における上面）とｎ型ＧａＰ基板８の一方の面とが、つまりｎ型のＧａＰどうしが直接接合される。

【００４３】

このような直接接合を行えば、ｎ型ＧａＰ基板８の厚さを、機械的強度の観点から十分なレベルに容易に設定できる。

【００４４】

③　次に、図４に示すように、アンモニア：過酸化水素系のエッチング液を用いて、ｎ型のＧａＡｓ基板１及びｐ型のＧａＡｓバッファ層２をエッチングして除去する。その後、ｎ型ＧａＰ基板８の他方の面（図４における底面）を研磨して目標の厚さにする。

【００４５】

④　次に、図１（ａ）に示すように、ｐ型の$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層３の表面上に酸化亜鉛からなる透光性電極層９を形成し、更にその上にＡｕからなるボンディングパッド１０を形成する。最後に、ｎ型のＧａＰ基板８の底面にＡｕＳｉからなる９個の円形状のｎ型電極１１を形成する。

【００４６】

このようにして作製された半導体発光素子について、ボンディングパッド１０とｎ型電極１１との間の通電電流が２０ｍＡという条件下で外部量子効率を評価したところ、外部量子効率が１１％であった。これに対して、厚さ５μｍのｐ型のＡｌＧａＡｓ電流拡散層を備えた従来構造の半導体発光素子では、同じ条件下

で、外部量子効率が７．８％程度であった。この結果から、本実施形態の半導体発光素子では、外部量子効率が従来に比して約１．５倍に向上したことが分かる。

【００４７】

このように素子特性が改善された理由は、ｎ型のＧａＡｓ基板１およびｎ型のＧａＰ基板８を使用して、ｐ型の基板を使用しなかったこと、また、本実施形態の半導体発光素子はＺｎドープのｐ型のＡｌＧａＡｓ電流拡散層を備えていないことによる。つまり、高温となるエピタキシャル成長中、直接接合中に、ｐ型ドーパントであるＺｎが発光層４へ拡散して内部量子効率を低下させるのを最小限に抑えたからである。また、透光性電極層９のお蔭で通電電流が拡散されて、発光層へ均一に電流が注入されるので、内部量子効率が高まる。

【００４８】

さらに、本実施形態の半導体発光素子は、発光層４の上下に、それぞれこの発光層４の発光波長に対して透明な透光性電極層９、ＧａＰ基板８を備えているので、素子の上面および側面から外部へ光を取り出すことができ、発光波長に対して不透明な基板を用いた場合に比して光取り出し効率が高まる。

【００４９】

これらの結果、半導体発光素子の特性が向上して、高輝度が実現される。

【００５０】

また、本実施形態の半導体発光素子では、通電電流２０ｍＡでの動作電圧は２．３Ｖであった。この動作電圧は、透光性電極層９とｐ型の$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層３との間に、キャリア濃度が$5\times10^{18}cm^{-3}$で厚さ０．２μｍのｐ型$Al_{.0.5}Ga_{0.5}As$層（ｐ型コンタクト層）を設けることにより、半導体発光素子の輝度を維持したまま、２．１Ｖまで低減することができる。

【００５１】

この理由は、上記ｐ型コンタクト層が$1\times10^{18}cm^{-3}$以上のキャリア濃度を有すれば、素子の動作時に、上記透光性電極層と上記ｐ型コンタクト層との界面での電圧降下を小さくすることができるからである。

【００５２】

上記ｐ型コンタクト層は、上記発光層の発光波長に対して透明な$Al_xGa_{1-x}As$層（ただし、０．５≦ｘ≦０．７である。）であるから、光取り出し効率を低下させることはない。

【００５３】

また、上記ｐ型コンタクト層のキャリア濃度を$1\times10^{19}cm^{-3}$以下、より好ましくは$5\times10^{18}cm^{-3}$以下に設定するとともに、このｐ型の半導体層の厚さを所定値以下に制限すれば、ｐ型ドーパントの総量が制限されて、高温処理時のｐ型ドーパントの発光層への拡散が抑制される。したがって、内部量子効率の低下を抑制できる。これらの結果、半導体発光素子の外部量子効率（輝度）の低下を抑制できる。

【００５４】

具体的には、図５に示すように、上記ｐ型コンタクト層の厚さを３μｍ以下に設定すれば、半導体発光素子の外部量子効率（輝度）の低下を１０％以下に抑制できる。

【００５５】

なお、上記ｐ型コンタクト層を設けるには、最初のＭＯＣＶＤ法による成長の際にｐ型のＧａＡｓバッファ層２とｐ型の$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層３との間に上記ｐ型コンタクト層を形成しておけば良い。

【００５６】

本実施形態では、ｐ型の電流拡散層を設けないので、ｐ型の５μｍのＡｌＧａＡｓ電流拡散層を備えた従来構造の半導体発光素子に比べ、エピタキシャル成長させる層厚を約１／２に低減できる。したがって、成長装置のメンテナンス頻度を１／２に少なくでき、生産性を高めるとともに安全性を向上させることができる。

【００５７】

（第２実施形態）

図６（ａ）は第２実施形態の半導体発光素子の側面図であり、図６（ｂ）は上記半導体発光素子の上面図であり、図６（ｃ）は上記半導体発光素子の底面図で

ある。

【００５８】

図６（ａ）に示すように、この半導体発光素子は、ｎ型のＧａＰ基板２９の一方の面（図６における上面）の上に、下から順に、ｎ型のＧａＰキャップ層（厚さ１μｍ）２８、ｎ型の$(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.77}In_{0.23}P$中間層（厚さ０．１５μｍ）２７、ｎ型の$Al_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）２６、発光層としてのｐ型の量子井戸活性層２５、ｐ型の$Al_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）２４、ｐ型の$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$コンタクト層（厚さ０．２μｍ）２３、酸化亜鉛からなる透光性電極層３０を備えている。さらに、ＧａＰ基板２９の他方の面（図６における底面）に第１の電極としてＡｕＳｉからなるｎ型電極３２が設けられる一方、透光性電極層３０の表面（図６における上面）に第２の電極としてＡｕからなるボンディングパッド３１が設けられている。

【００５９】

図６（ｃ）に示すように、ｎ型電極３２は、それぞれ直径３０μｍの比較的小さい円形にパターン加工され、底面に行列状に複数（この例では３行３列の計９個）配置されている。一方、図６（ｂ）に示すように、ボンディングパッド３１は、直径１２０μｍの比較的大きい円形にパターン加工され、上面の中央に１個配置されている。

【００６０】

量子井戸活性層２５は、詳細には図示しないが、$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$からなるバリア層と、$(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P$からなる井戸層とを交互に複数積層して構成されている。発光層としての量子井戸活性層２５が$(Al_yGa_{1-y})_zIn_{1-z}P$（ただし、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq z \leqq 1$である。）からなれば、５５０ｎｍから６７０ｎｍの発光波長が得られる。

【００６１】

この半導体発光素子は次のようにして作製される。

【００６２】

①　まず、図７に示すように、第１の半導体基板としてのｎ型ＧａＡｓ基板２１の一方の面（図７における上面）の上に、ｐ型のＧａＡｓバッファ層（厚さ１

μｍ）２２、ｐ型の（$Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$コンタクト層（厚さ０．２μｍ）２３、ｐ型の$Al_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）２４、ｐ型の量子井戸活性層２５、ｎ型の$Al_{0.5}In_{0.5}P$クラッド層（厚さ１μｍ）２６、ｎ型の（$Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.77}In_{0.23}P$中間層（厚さ０．１５μｍ）２７、ｎ型のＧａＰキャップ層（厚さ１μｍ）２８を、ＭＯＣＶＤ（有機金属気相成長）法により順次成長させて積層する。

【００６３】

②　続いてその上に、図８に示すように、第２の半導体基板としてのｎ型のＧａＰ層（これを「ＧａＰ基板」と呼ぶ。）２９を、ＶＰＥ法により、機械的強度の観点から十分なレベルの目標の厚さ、この例では約１００μｍの厚さまでエピタキシャル成長させる。

【００６４】

③　次に、図９に示すように、アンモニア：過酸化水素系のエッチング液を用いて、ｎ型のＧａＡｓ基板２１及びｐ型のＧａＡｓバッファ層２２をエッチングして除去する。

【００６５】

なお、ｎ型ＧａＰ基板２９をＶＰＥ法により目標の厚さに成長させているので、ｎ型ＧａＰ基板２９の厚さを調整するためにこの段階で研磨等を行う必要はない。したがって、直接接合によってＧａＰ基板２９を形成する場合に比して、製造工程を簡略化することができる。

【００６６】

④　次に、図６（ａ）に示すように、ｐ型の（$Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$コンタクト層２３の表面上に酸化亜鉛からなる透光性電極層３０を形成し、更にその上にＡｕからなるボンディングパッド３１を形成する。最後に、ｎ型のＧａＰ基板２９の底面にＡｕＳｉからなる９個の円形状のｎ型電極３２を形成する。

【００６７】

このようにして作製された半導体発光素子について、ボンディングパッド３１とｎ型電極３２との間の通電電流が２０ｍＡという条件下で外部量子効率を評価したところ、外部量子効率が４．２％であった。これに対して、厚さ５μｍのｐ

型のＡｌＧａＡｓ電流拡散層を備えた従来構造の半導体発光素子では、同じ条件下で、外部量子効率が３．０％程度であった。この結果から、本実施形態の半導体発光素子では、外部量子効率が従来に比して約１．４倍に向上したことが分かる。

【００６８】

本実施形態では、コンタクト層としてｐ型の$(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.5}In_{0.5}P$層を使用したが、発光波長に対して、十分吸収が小さければ$Ga_{0.5}In_{0.5}P$のようなさらにＡｌ混晶比の小さな組成の層をコンタクト層として使用してもよい。Ａｌ混晶比が小さい方が、表面が酸化されにくくなり、更に高いドーピング濃度が可能になる。そのようにした場合、上記透光性電極層と上記ｐ型の半導体層との界面での電圧降下を小さくすることができ、素子の歩留まりを高めることができる。

【００６９】

上述の各実施形態では、第１の半導体基板として、Ｓｉドープのｎ型ＧａＡｓ基板を使用したが、これに限られるものではない。ノンドープ型あるいは発光層への拡散が実質的に無視できるような弱いｐ型のＧａＡｓ基板であっても、同様の効果が得られる。熱履歴にも依存するが、発光層への拡散が実質的に無視できるような「弱いｐ型のＧａＡｓ基板」であるためには、ＧａＡｓ基板中のｐ型キャリア濃度が例えば$1\times10^{18}cm^{-3}$以下、好ましくは$5\times10^{17}cm^{-3}$以下、より好ましくは$1\times10^{17}cm^{-3}$以下であれば良い。上述の各実施形態で述べたような熱履歴の場合、ＧａＡｓ基板中のｐ型キャリア濃度が$5\times10^{17}cm^{-3}$程度以下であれば、発光層への拡散は十分に小さいと考えられる。第１の半導体基板がＧａＡｓ基板であれば、ＧａＡｓ基板に格子整合する材料系の半導体層を備えた高輝度の半導体発光素子を作製することが可能になる。

【００７０】

上記透光性電極層の材料は酸化亜鉛に限られず、酸化インジウム、酸化錫、酸化インジウム錫、または酸化マグネシウムからなっていても良い。透光性電極層が酸化インジウム、酸化錫、酸化インジウム錫、酸化亜鉛、または酸化マグネシウムの少なくとも１つからなれば、可視光に対して９０％以上の透過率を得るこ

とができる。したがって、さらに高輝度を実現できる。

【００７１】

【発明の効果】

以上より明らかなように、この発明の半導体発光素子及びその製造方法によれば、発光層（または活性層）へのｐ型ドーパントの拡散を抑制して高輝度を実現でき、また、成長装置のメンテナンス頻度を少なくできる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　（ａ）、（ｂ）及び（ｃ）はそれぞれ、本発明の第１実施形態の半導体発光素子の側面図、上面図及び底面図である。

【図２】　図１の半導体発光素子の製造工程を示す側面図である。

【図３】　図１の半導体発光素子の製造工程を示す側面図である。

【図４】　図１の半導体発光素子の製造工程を示す側面図である。

【図５】　外部量子効率のコンタクト層厚依存性を示す図である。

【図６】　（ａ）、（ｂ）及び（ｃ）はそれぞれ、本発明の第２実施形態の半導体発光素子の側面図、上面図及び底面図である。

【図７】　図６の半導体発光素子の製造工程を示す側面図である。

【図８】　図６の半導体発光素子の製造工程を示す側面図である。

【図９】　図６の半導体発光素子の製造工程を示す側面図である。

【図１０】　第１の従来の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図１１】　第２の従来の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図１２】　第３の従来の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【符号の説明】

１，２１　ｎ型ＧａＡｓ基板

２，２２　ｐ型ＧａＡｓバッファ層

２３　ｐ型コンタクト層

３，２４　クラッド層

４，２５　量子井戸活性層

５，２６　クラッド層

６，２７　ｎ型中間層

７，２８　ｎ型ＧａＰキャップ層

８，２９　ｎ型ＧａＰ基板

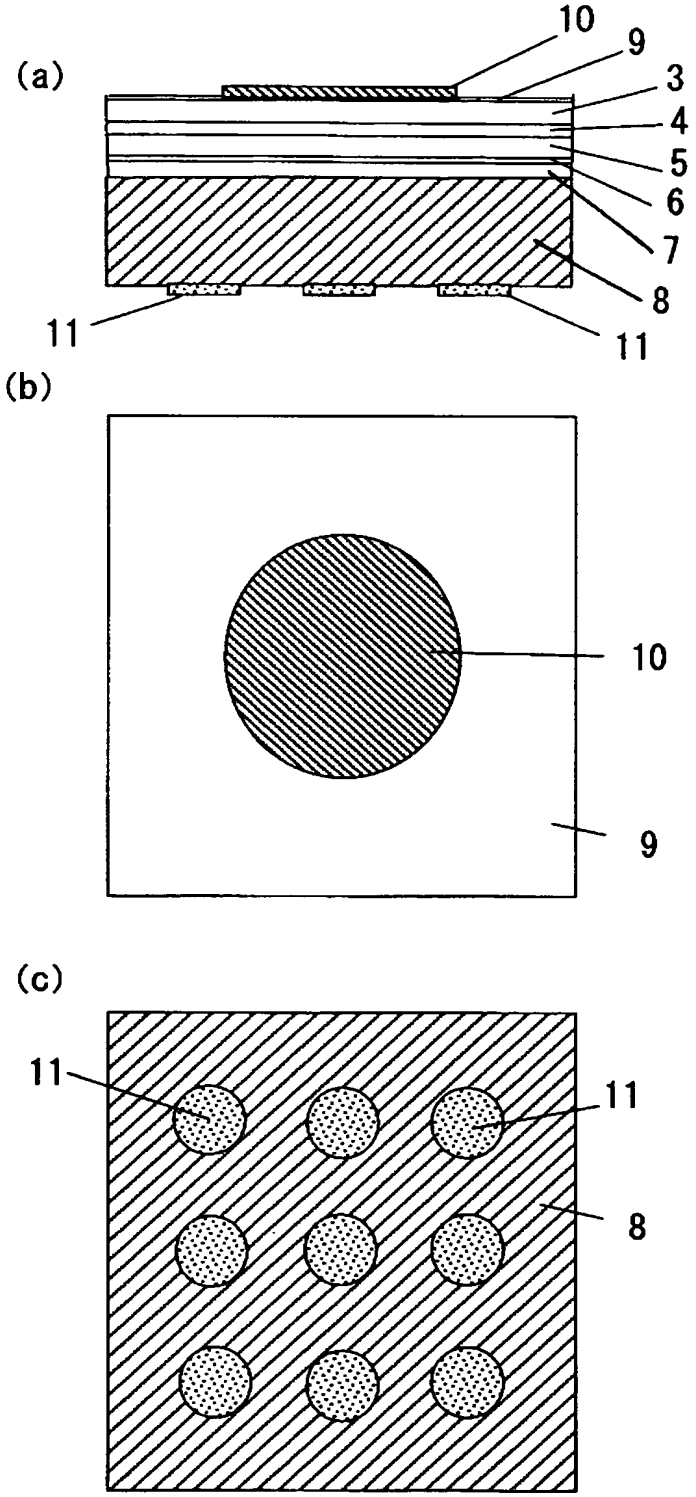
９，３０　透光性電極層

１０，３１　ｐ型電極

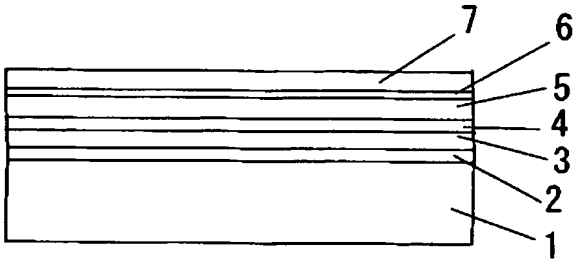
１１，３２　ｎ型電極

【書類名】　図面

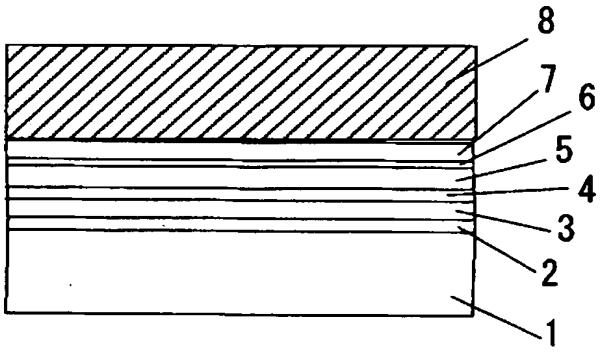
【図１】



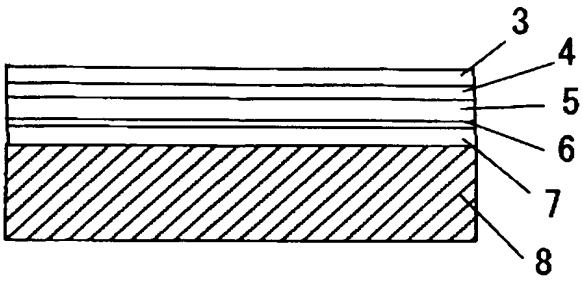
【図２】



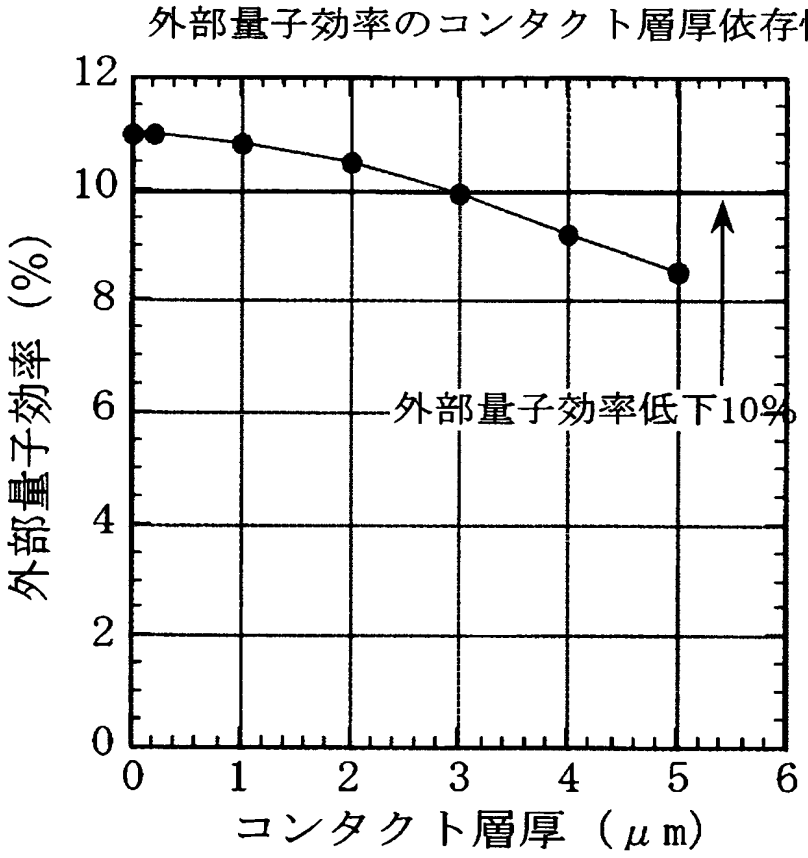
【図３】



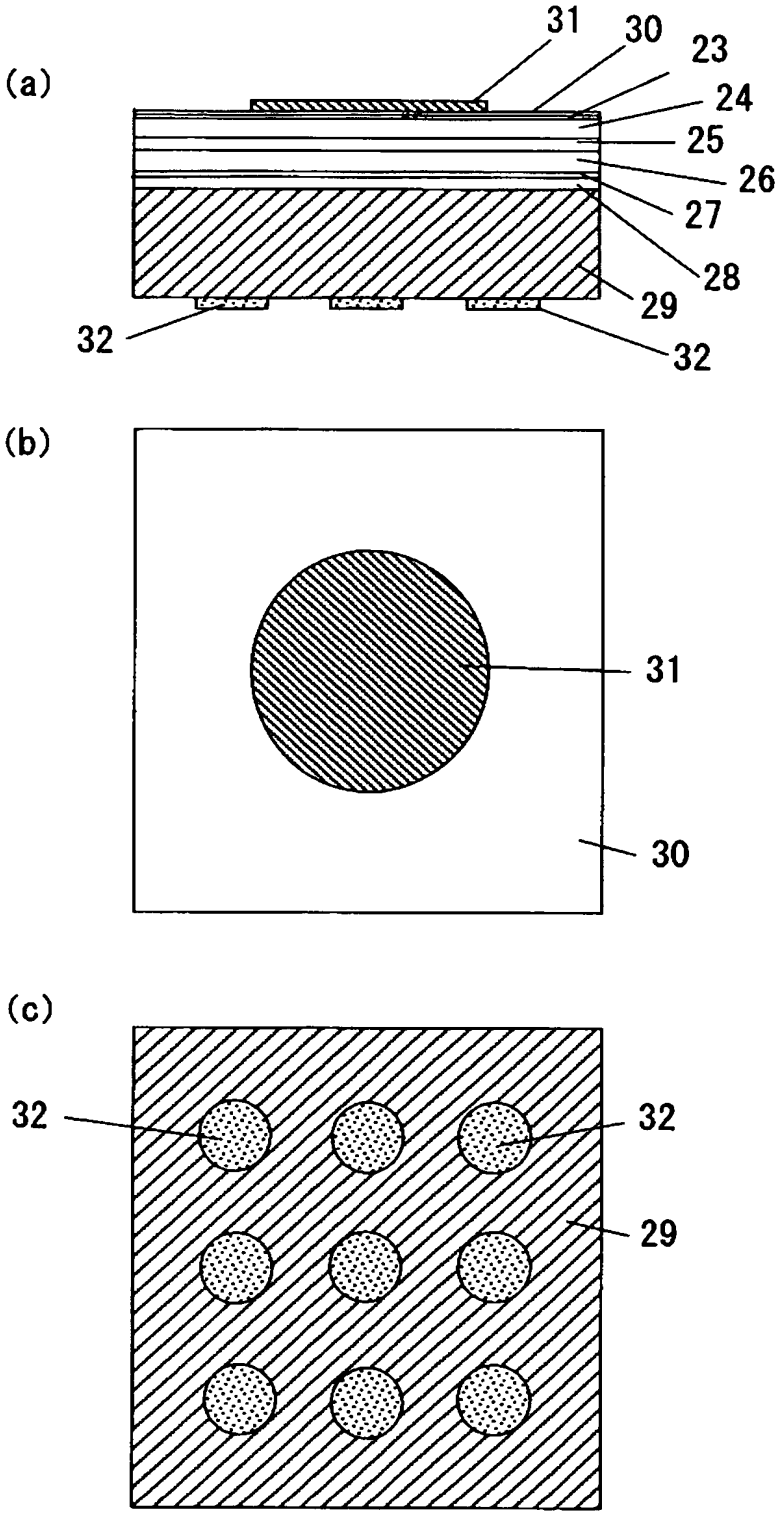
【図４】



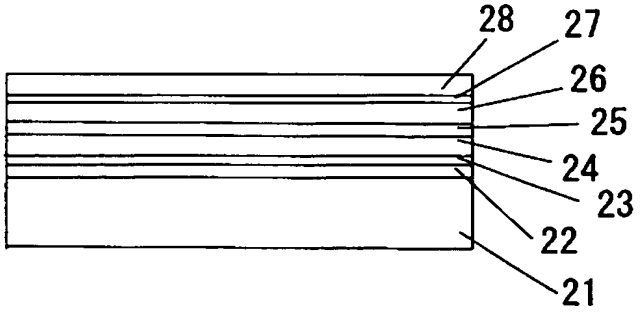
【図５】


外部量子効率のコンタクト層厚依存性
外部量子効率（%）
12
10
8
6
4
2
0
外部量子効率低下10%
0
1
2
3
4
5
6
コンタクト層厚（μm）

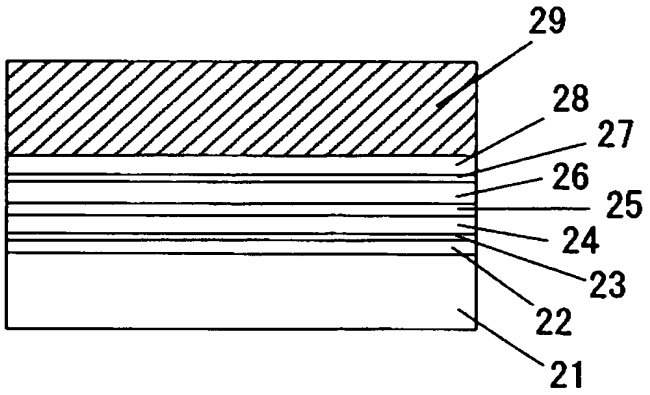
【図６】



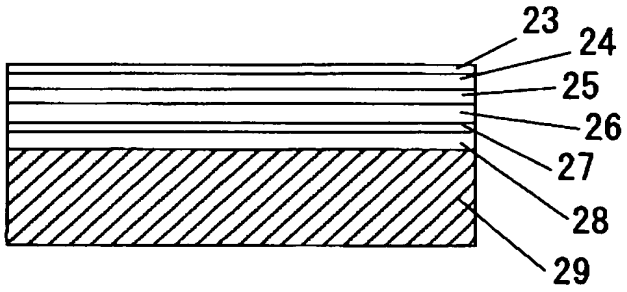
【図７】



【図８】

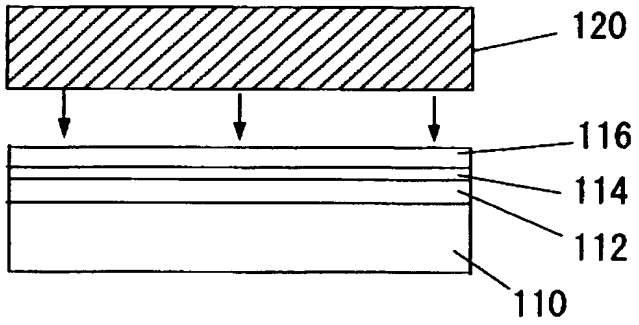


【図９】

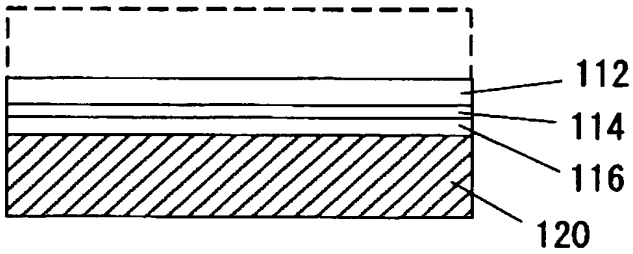


【図１０】

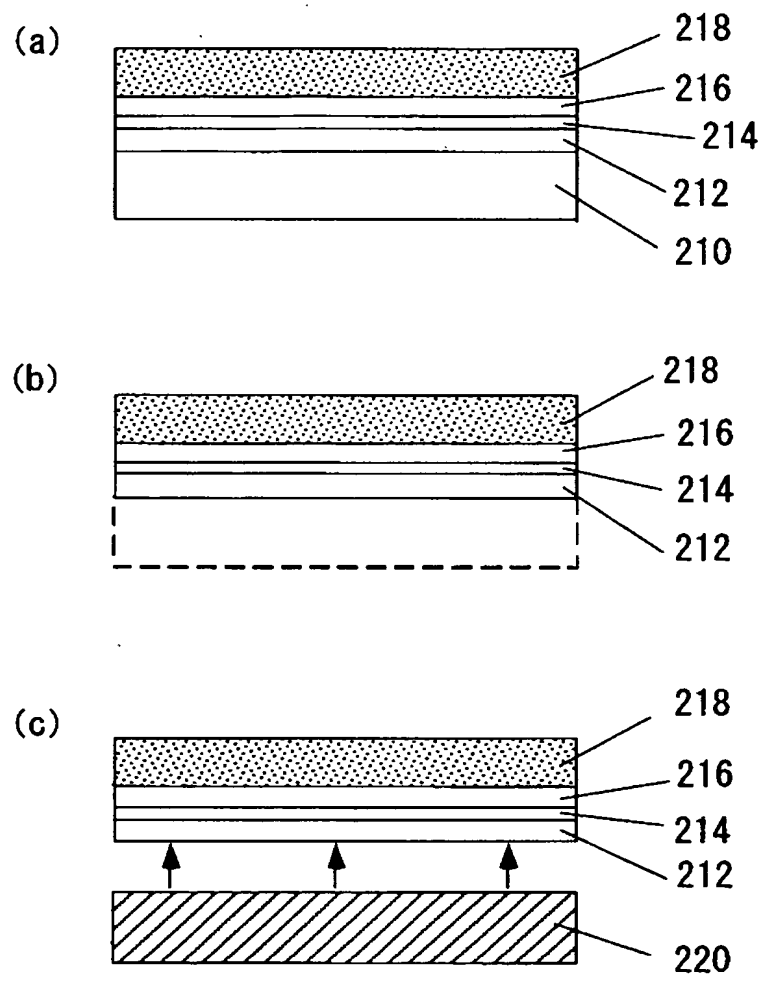
(a)



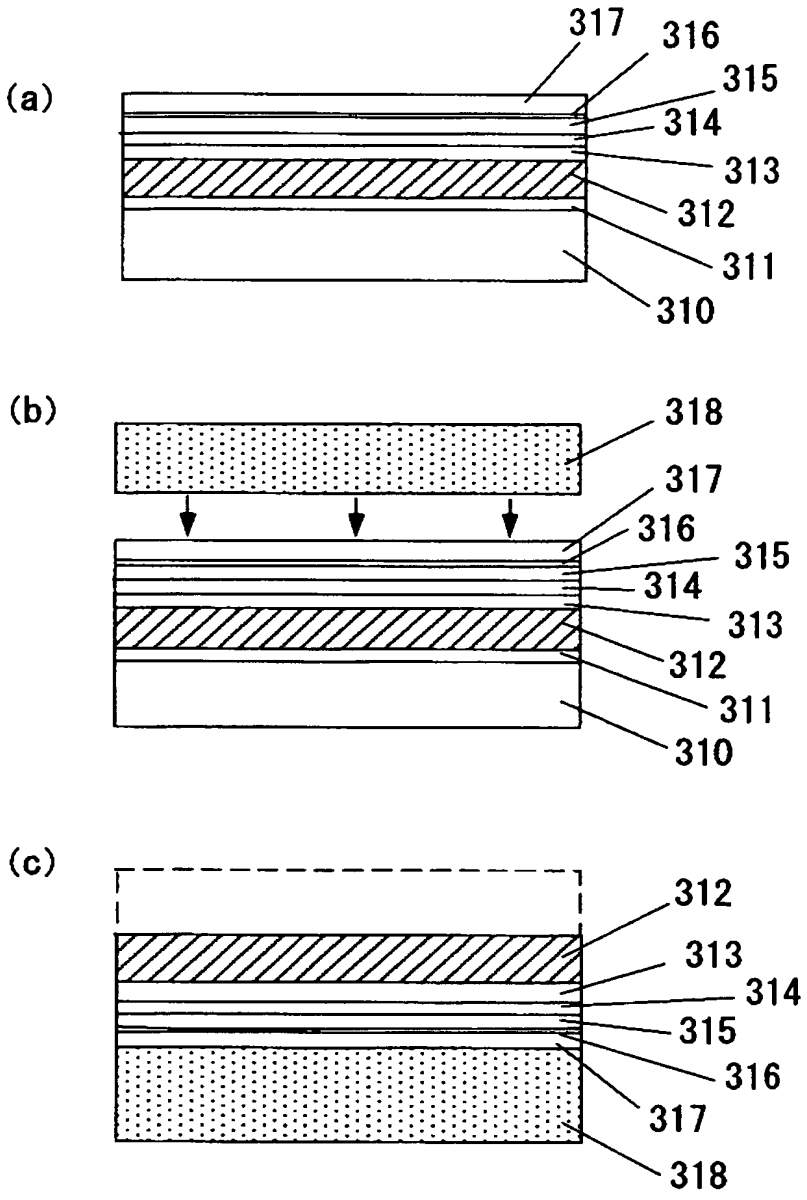
(b)



【図１１】



【図１２】


(a)
317
316
315
314
313
312
311
310
(b)
318
317
316
315
314
313
312
311
310
(c)
312
313
314
315
316
317
318

【書類名】　要約書

【要約】

【課題】　発光層（または活性層）へのｐ型ドーパントの拡散を抑制して高輝度を実現でき、また、成長装置のメンテナンス頻度を少なくできる半導体発光素子の製造方法を提供すること。

【解決手段】　ノンドープ型、弱いｐ型またはｎ型の第１の半導体基板（図１には示さない）上に単層または複数層の半導体からなる発光層４を積層する。その発光層４上に単層または複数層からなるｎ型の半導体層５－７を積層する。ｎ型の半導体層７の表面に発光層４の発光波長に対して透明な第２の半導体基板８を形成する。その後第１の半導体基板を除去する。第１の半導体基板の除去によって露出した面に発光層の発光波長に対して透明な透光性電極層９を形成する。

【選択図】　図１

特願２００２－２９９２４４

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　［０００００５０４９］

１．変更年月日　　１９９０年　８月２９日
［変更理由］　　新規登録
住　所　　大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
氏　名　　シャープ株式会社